

Florêncio, Lidiane L.; Pereira, Patrícia A.; Silva, Elaine R. T.; Pegoretti, Kátia S.; Gonçalves, Maria C.;  
Beviláqua-Grossi, Débora

Concordância e confiabilidade de dois métodos não-invasivos para a avaliação da amplitude de  
movimento cervical em adultos jovens

Revista Brasileira de Fisioterapia, vol. 14, núm. 2, marzo-abril, 2010, pp. 175-181  
Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia  
São Carlos, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235016574012>

# Concordância e confiabilidade de dois métodos não-invasivos para a avaliação da amplitude de movimento cervical em adultos jovens

Agreement and reliability of two non-invasive methods for assessing cervical range of motion among young adults

Lidiane L. Florêncio, Patrícia A. Pereira, Elaine R. T. Silva, Kátia S. Pegoretti, Maria C. Gonçalves, Débora Bevílaqua-Grossi

## Resumo

**Contextualização:** A amplitude de movimento (ADM) cervical é fundamental na avaliação funcional e na intervenção fisioterapêutica. O *Cervical Range of Motion* (CROM) destaca-se por ser um método confiável, não invasivo e de fácil manuseio, porém de alto custo. Na prática clínica, opta-se por aparelhos mais acessíveis, como o Flexímetro, cuja confiabilidade ainda não foi adequadamente testada para o segmento cervical. **Objetivos:** Comparar o Flexímetro com o CROM na análise da ADM cervical e verificar a confiabilidade intra e interexaminadores de ambas as ferramentas. **Métodos:** Os movimentos cervicais de flexão, extensão, inclinação lateral e rotação foram mensurados, com ambas as ferramentas, por três examinadores em 20 indivíduos jovens, do sexo feminino, assintomáticos. A análise estatística foi realizada pelo Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC). **Resultados:** A concordância entre as ferramentas foi considerada moderada nos movimentos de flexão e rotação esquerda (0,71; 0,58) e excelente nos demais movimentos (0,76-0,87). A confiabilidade intraexaminadores com o CROM foi moderada para os movimentos de flexão e rotação direita (0,70; 0,69) e excelente para os demais movimentos (0,79-0,88); com o Flexímetro, foi excelente para inclinação e rotação direita (0,80; 0,77) e moderada para os demais movimentos (0,69-0,75). A confiabilidade interexaminadores com o CROM foi excelente em todos os movimentos (0,76-0,93) e, com o Flexímetro, foi moderada para os movimentos de rotação direita e esquerda (0,66; 0,75) e excelente para os demais movimentos (0,81-0,88). **Conclusões:** Os valores obtidos na avaliação da ADM cervical feita pelo Flexímetro concordam com aqueles mensurados pelo CROM. Além disso, ambas as ferramentas apresentam confiabilidades aceitáveis para a prática clínica.

**Palavras-chave:** ADM cervical; avaliação; confiabilidade; CROM; flexímetro.

## Abstract

**Background:** Cervical range of motion (CROM) is a fundamental component of the functional evaluation in physical therapy interventions. The CROM device stands out as a reliable, non-invasive and easy-to-use method, but it is a very expensive tool. In clinical practice, more affordable tools such as Fleximeters are preferred. However, the reliability of Fleximeters for the cervical spine has not been adequately tested. **Objectives:** To compare the Fleximeters and the CROM device for the analysis of CROM, and to investigate the intra- and inter-examiner reliability of both tools. **Methods:** Cervical movements (flexion, extension, lateral flexion and rotation) were assessed in 20 asymptomatic young women by three examiners using both tools. The statistical analyses were performed using the intra-class correlation coefficient (ICC). **Results:** The agreement between the tools was considered moderate for flexion and left rotation (0.71; 0.58) and excellent for all of the other movements (0.76-0.87). The intra-examiner reliability for the CROM device was moderate for flexion and right rotation (0.70; 0.69) and excellent for all of the other movements (0.79-0.88). For the Fleximeter, the agreement was excellent for inclination and right rotation (0.80; 0.77) and moderate for all of the other movements (0.69-0.75). The inter-examiner reliability for the CROM device was excellent for all movements (0.76-0.93) and for the Fleximeter, it was moderate for right and left rotation (0.66; 0.75) and excellent for all of the other movements (0.81-0.88). **Conclusions:** There was agreement between the CROM assessments using the Fleximeter and the CROM device. Furthermore, both devices showed acceptable reliability for clinical practice.

**Key words:** cervical range of motion; assessment; reliability; CROM; Fleximeter.

Recebido: 09/11/09 – Revisado: 21/05/09 – Aceito: 06/08/09

## Introdução ::::.

A avaliação da amplitude de movimento (ADM) da coluna cervical, bastante utilizada na prática fisioterapêutica<sup>1</sup>, é um importante instrumento para diagnosticar disfunções musculoesqueléticas<sup>2</sup>, analisar a progressão das doenças<sup>3</sup>, avaliar o efeito de diferentes tratamentos<sup>4</sup> e acompanhar a evolução do paciente durante a reabilitação<sup>1,5-7</sup>. A limitação da ADM cervical pode indicar disfunções osteomioarticulares, dores no pescoço de origem traumática ou idiopática<sup>8,9</sup>, cefaleia<sup>8,10-12</sup> ou alguma disfunção na articulação temporomandibular e na musculatura mastigatória<sup>12-14</sup>.

Durante a análise da ADM cervical, deve-se considerar a existência da variabilidade natural entre os indivíduos, assim como os fatores que influenciam essa variabilidade, como gênero, idade e a natureza do movimento, passivo ou ativo<sup>1</sup>. Por exemplo, as mulheres apresentam maior amplitude em relação aos homens<sup>12,15-19</sup>, e o envelhecimento provoca diminuição da ADM<sup>13,19-21</sup> em aproximadamente 5° por década<sup>22</sup>.

Há uma necessidade de se obterem medidas quantitativas, objetivas e confiáveis para a avaliação fisioterapêutica. No entanto, a coluna cervical apresenta uma maior complexidade devido aos movimentos associados da coluna torácica alta e do ombro<sup>12,13</sup> e à ausência de marcações anatômicas precisas nessa região<sup>18,23</sup>.

Para que a ADM possa ser medida com precisão, é imprescindível que ela seja avaliada por métodos e ferramentas confiáveis, não-invasivos e que possam ser reproduzidas por diferentes avaliadores<sup>2,24</sup>; além disso, é desejável que seja de fácil aplicação e que proporcione dados clinicamente precisos e significantes<sup>1,25</sup>.

Apesar da diversidade de instrumentos citados na literatura para a avaliação da ADM, não existe consenso entre os profissionais em relação a qual método seria o mais indicado<sup>8,11,26</sup> e qual o protocolo a ser seguido<sup>8</sup>. O método considerado “padrão ouro” na literatura é a radiografia; no entanto, trata-se de um instrumento pouco prático para a clínica; pois, considerando a necessidade das reavaliações, implicará na exposição excessiva dos pacientes à radiação e no custo constante para pacientes e serviços de saúde<sup>15,25,27,28</sup>.

Há uma grande variedade de métodos não-invasivos disponíveis, como a estimativa visual, o goniômetro, o inclinômetro, o potenciômetro, tecnologias de bússolas, de vídeo e eletromagnéticas. Porém, para a maioria deles, a reproduzibilidade intra e interexaminadores não foi adequadamente testada<sup>29</sup>.

O aparelho *Cervical Range of Motion* (CROM) é um goniômetro capaz de mensurar a ADM de flexão, extensão, inclinação e rotação da coluna cervical por meio de três inclinômetros<sup>30</sup>. Tem a vantagem de registrá-la em todos os planos sem a necessidade de marcações anatômicas e do reposicionamento do aparelho durante toda a avaliação<sup>31</sup>. Tousignant et al.<sup>7,18,31</sup> realizaram a validação dessa ferramenta em pacientes sintomáticos e

assintomáticos, comparando-a com a técnica radiográfica<sup>7,18</sup> nos movimentos de flexoextensão e inclinação e com o OPTOTRAK<sup>31</sup> (sistema não-invasivo de mensuração por meio da incidência de luz infravermelha) no movimento de rotação, e foram encontrados índices de confiabilidade excelentes (0,82-0,98).

Youdas, Carey e Garret<sup>32</sup> demonstraram os índices de Coeficientes de Correlação Intraclasse (ICC) variando entre 0,73 e 0,95 em grupos sintomáticos; dados similares foram encontrados por Capuano-Pucci et al.<sup>33</sup> em grupos assintomáticos. Beviláqua-Grossi et al.<sup>10</sup> avaliaram uma população feminina com migrânea e relataram uma confiabilidade intraexaminadores que variou entre 0,79 e 0,99 e uma confiabilidade interexaminadores que variou entre 0,68 e 0,95.

Diferentemente dos outros instrumentos, trata-se de um método cuja confiabilidade está bem estabelecida na literatura, já que diversos estudos demonstraram ICC variando entre bom e excelente<sup>7,10,18,29-33</sup>. No entanto, o CROM é pouco utilizado, pois é um equipamento importado com custo elevado.

O aparelho mais comumente utilizado na prática fisioterapêutica é o Flexímetro, um goniômetro gravidade-dependente de baixo custo e de fácil manuseio que avalia a ADM de diversas articulações. Sua confiabilidade para a avaliação da ADM cervical ainda não foi perfeitamente estabelecida. Lima et al.<sup>34</sup> avaliaram apenas dois movimentos da coluna cervical e demonstraram valores de ICC excelente (0,79) e moderado (0,55) para rotação e inclinação, respectivamente. Não foram encontrados, na literatura, estudos que compararam esse instrumento a outra técnica de avaliação da ADM cervical.

A hipótese deste estudo é que o Flexímetro seria capaz de reproduzir os valores obtidos pelo CROM, o que indicaria que tal ferramenta é fidedigna para a prática clínica. Portanto, os objetivos foram verificar a concordância entre as medidas de ADM cervical obtidas com o CROM e com o Flexímetro e, adicionalmente, verificar a confiabilidade intra e interexaminadores de ambas as ferramentas.

## Materiais e métodos ::::.

Foram avaliados, aleatoriamente, 20 voluntários do sexo feminino, com média de idade 22 anos ( $\pm 2$ ), assintomáticos. Os três avaliadores participantes do estudo foram treinados previamente em cada técnica por um período de seis horas semanais por duas semanas.

Os critérios de exclusão foram ter idade menor que 18 anos e apresentar história de trauma, cirurgia ou qualquer outra disfunção da região cervical.

As voluntárias foram orientadas a sentar com os pés apoiados no chão, joelho e tornozelo a 90° de flexão, apoiar as mãos sobre as coxas e manter-se em posição relaxada, sendo esta considerada

a posição inicial do indivíduo. Em seguida, um treino de familiarização foi realizado a fim de apresentar os aparelhos e orientar a voluntária quanto aos movimentos compensatórios, sendo eles corrigidos durante a realização ativa dos seis movimentos avaliados (flexão, extensão, inclinação lateral direita, inclinação lateral esquerda, rotação direita e rotação esquerda).

Os aparelhos utilizados foram o CROM (Figura 1) e o Flexímetro (Figura 2). O primeiro, desenvolvido pela *Performance Attainment Associates* (Roseville, MN), mede a ADM de flexão, extensão, inclinação lateral e rotação da coluna cervical por meio de três inclinômetros, cujas escalas variam de dois em dois graus. Esses inclinômetros estão fixados em uma armação semelhante a um óculos: um, no plano frontal, para inclinação lateral; outro, no plano sagital, para flexoextensão e o terceiro, no plano transverso, para rotação. Dois deles são gravidade-dependentes (o frontal e o sagital) e o transverso é magnético-dependente. Um colar magnético é colocado no voluntário para se que possa medir a rotação<sup>20</sup>.

O Flexímetro, desenvolvido e fabricado no Brasil, sob patente do Instituto Code de Pesquisa<sup>34</sup>, consiste em um inclinômetro gravidade-dependente, cuja escala é de um grau, preso a uma fita de velcro. Ao final de cada movimento, o aparelho deve ser reposicionado. Todos os movimentos são medidos com o voluntário sentado, exceto os movimentos de rotação, nos quais ele deve ficar em decúbito dorsal, com os ombros alinhados com a extremidade da maca. Para que o indivíduo não fique inseguro, o examinador deve apoiar uma das mãos na região occipital, porém não deve interferir no movimento ativo do voluntário<sup>34</sup>. Tal exceção deve-se à necessidade de posicionar o aparelho em uma posição favorável à atuação da força da gravidade.

Os movimentos de flexão, extensão, inclinação lateral e rotação foram avaliados por três diferentes examinadores com o CROM e o Flexímetro, aleatorizados por uma sequência numérica escolhida pelo próprio voluntário. Para cada movimento, foram feitas três repetições, das quais obteve-se a média. Não houve intervalo entre as avaliações. Todo o procedimento anteriormente descrito foi repetido no intervalo de uma semana para testar a confiabilidade intraexaminador.

Todos os procedimentos realizados no presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto - SP e da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, conforme parecer número 5230/2008 e todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

## Análise estatística

A comparação dos dois métodos foi feita pelo ICC, que verifica o grau de correlação entre as medidas de cada classe<sup>35</sup>. Quanto mais próximo o coeficiente estiver de 1, maior a correlação. A concordância entre as ferramentas foi classificada, de



**Figura 1.** Cervical Range of Motion (CROM, Performance Attainment Associates, T Paul, MN USA) no plano frontal (A) e no plano sagital (B).



**Figura 2.** Flexímetro (ICP) no plano frontal (A) e no plano sagital (B).

acordo com os valores de ICC, como sendo pobre (<0,4), moderada (0,4-0,75) ou excelente (>0,75)<sup>36</sup>. O intervalo de confiança utilizado foi de 95% .

Para cada ferramenta, obteve-se ainda a confiabilidade intra- e interexaminadores pelo ICC com o programa SPSS 10.0 para Windows. Para o cálculo das confiabilidades, foi utilizada a média das três medidas obtidas para cada movimento durante a avaliação. A confiabilidade intraexaminador mede a precisão de um aparelho quando utilizado mais de uma vez pelo mesmo examinador, já que a ferramenta ideal não deve dar resultados diferentes se a ADM de fato não sofreu mudanças<sup>37</sup>. A confiabilidade interexaminadores mede a precisão do método quando ele é utilizado em uma mesma situação por diferentes examinadores, já que a leitura de uma ferramenta não deve variar de observador para observador<sup>37</sup>. A classificação das confiabilidades será a mesma utilizada na comparação das ferramentas descritas anteriormente.

## Resultados ::::

### Concordância entre as medidas obtidas com o CROM e com o Flexímetro

Os valores do ICC foram 0,82; 0,71; 0,87; 0,83; 0,76; e 0,58 para os movimentos de extensão, flexão, inclinação lateral direita, inclinação lateral esquerda, rotação direita e rotação esquerda,

respectivamente (Tabela 1). Tais valores indicam uma concordância excelente para a maioria dos movimentos, exceto para flexão e rotação esquerda, os quais apresentam concordância moderada.

## Confiabilidade intra e interexaminadores

A confiabilidade intraexaminadores dos valores obtidos com o CROM foi considerada excelente para os movimentos de

**Tabela 1.** Concordância entre o Cervical Range of Motion e o Flexímetro obtida por meio do Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC).

Movimento	ICC n=20	Erro- padrão	Intervalo de confiança 95% Inferior	Superior
Extensão	0,82	0,06	0,71	0,92
Flexão	0,71	0,08	0,56	0,86
Inclinação direita	0,87	0,04	0,79	0,95
Inclinação esquerda	0,83	0,05	0,73	0,93
Rotação direita	0,76	0,07	0,62	0,89
Rotação esquerda	0,58	0,10	0,39	0,77

ICC=Coeficiente de correlação intraclass; CROM=Cervical Range of Motion.

extensão, inclinação lateral direita, inclinação lateral esquerda e rotação esquerda e moderada para os movimentos de flexão e rotação direita (Tabela 2). Para os valores obtidos com o Flexímetro, a confiabilidade intraexaminadores foi considerada excelente para os movimentos de inclinação lateral direita e rotação direita e moderada para os demais movimentos cervicais avaliados (Tabela 2).

Na confiabilidade interexaminadores dos valores obtidos com o CROM, observaram-se valores excelentes para todos os movimentos cervicais avaliados (Tabela 3). Já para os valores obtidos com o Flexímetro, a confiabilidade interexaminadores foi considerada excelente para os movimentos de extensão, flexão, inclinação lateral direita e inclinação lateral esquerda e moderada para os movimentos de rotação direita e rotação esquerda (Tabela 3).

## Discussão ::::

O CROM é uma ferramenta validada, precisa e de fácil aplicação; no entanto, tem a desvantagem de ter um custo elevado

**Tabela 2.** Confiabilidade intraexaminador obtida por meio do ICC.

Ferramenta	Movimento	ICC/intra n=20	Intervalo de confiança 95%	
			Inferior	Superior
CROM	Extensão	0,81	0,06	0,69
	Flexão	0,70	0,08	0,55
	Inclinação direita	0,88	0,04	0,80
	Inclinação esquerda	0,81	0,06	0,69
	Rotação direita	0,69	0,08	0,53
	Rotação esquerda	0,79	0,06	0,67
Flexímetro	Extensão	0,75	0,07	0,61
	Flexão	0,69	0,08	0,54
	Inclinação direita	0,80	0,06	0,69
	Inclinação esquerda	0,72	0,08	0,57
	Rotação direita	0,77	0,07	0,64
	Rotação esquerda	0,69	0,08	0,53

CROM=Cervical Range of Motion; ICC=Coeficiente de Correlação Interclasse.

**Tabela 3.** Confiabilidade interexaminadores obtida por meio do ICC.

Ferramenta	Movimento	ICC/ inter n=20	Erro- padrão	Intervalo de Confiança 95%	
				Inferior	Superior
CROM	Extensão	0,91	0,03	0,86	0,97
	Flexão	0,85	0,08	0,76	0,94
	Inclinação direita	0,93	0,03	0,89	0,98
	Inclinação esquerda	0,89	0,04	0,81	0,96
	Rotação direita	0,76	0,07	0,63	0,90
	Rotação esquerda	0,81	0,05	0,70	0,92
Flexímetro	Extensão	0,88	0,05	0,80	0,95
	Flexão	0,84	0,06	0,74	0,93
	Inclinação direita	0,85	0,06	0,75	0,94
	Inclinação esquerda	0,81	0,07	0,70	0,92
	Rotação direita	0,66	0,09	0,49	0,83
	Rotação esquerda	0,75	0,08	0,61	0,89

CROM=Cervical Range of Motion; ICC=Coeficiente de Correlação Interclasse.

e ser utilizado exclusivamente na mensuração da ADM cervical. Já o Flexímetro, com valor mais acessível, é capaz de mensurar a ADM de diversas articulações; porém, há a necessidade de ser reposicionado a cada mensuração, o que pode se tornar um fator de alteração da medida.

Na comparação entre as duas ferramentas, observou-se que há uma concordância excelente para a maioria dos movimentos cervicais. Tais resultados indicam que as medidas obtidas na avaliação cervical com o CROM são equivalentes àquelas obtidas com o Flexímetro, confirmando a possibilidade de utilização do Flexímetro como substituto do CROM na prática clínica.

Os resultados do presente estudo demonstraram que a mensuração realizada pelo CROM apresenta uma confiabilidade intraexaminador excelente para a maioria dos movimentos cervicais, sendo moderada apenas para os movimentos de flexão e rotação direita. Já na confiabilidade interexaminadores para essa mesma ferramenta, verificaram-se valores excelentes para todos os movimentos cervicais avaliados. Tais resultados concordam com os dados descritos por Cappuano-Pucci et al.<sup>33</sup>, que verificaram uma confiabilidade intraexaminador que variou entre 0,63-0,90, classificada entre moderada e excelente, e uma confiabilidade interexaminadores que variou entre 0,80-0,87, classificada como excelente. O CROM é, portanto, um instrumento de medida da ADM cervical confiável.

Na avaliação realizada com o Flexímetro, a confiabilidade intraexaminador foi considerada moderada para a maioria dos movimentos cervicais, exceto para os valores de inclinação lateral direita e rotação direita, considerados excelentes. A confiabilidade interexaminadores foi considerada moderada apenas para os movimentos de rotação direita e esquerda, para os demais movimentos foi classificada como excelente. Tais resultados não concordam com os valores encontrados por Lima et al.<sup>34</sup>, que relataram uma confiabilidade excelente para a rotação e moderada para a inclinação. Uma probabilidade para o conflito dos resultados pode ser o tipo

da amostra, pois, embora ambas as populações estudadas tenham sido assintomáticas, no estudo de Lima et al.<sup>34</sup>, foram avaliadas diferentes faixas etárias dentro de um mesmo grupo, variável essa que pode influenciar a ADM. Portanto, considerando os valores de ICC para confiabilidade intra e interexaminadores, o Flexímetro é um instrumento cuja utilização pode ser também recomendada para a avaliação da amplitude cervical.

Por fim, pode-se afirmar que, já que a confiabilidade encontrada para ambas as ferramentas utilizadas foi classificada entre moderada e excelente (0,66-0,88), seu uso é recomendado para a análise de ADM cervical. O estudo da confiabilidade de instrumentos como esses é útil não apenas para a melhor padronização nas pesquisas, mas para orientar os fisioterapeutas quanto à validade da utilização desses instrumentos na sua prática clínica. O Flexímetro, além de mais barato e acessível, ainda pode ser utilizado para a avaliação de outros segmentos corporais, diferente do CROM, que possui uma excelente confiabilidade, mas não pode ser utilizado para outros fins.

Uma limitação deste estudo é que avaliar indivíduos assintomáticos não garante que a confiabilidade das ferramentas obtida seja reproduzida ao se avaliarem indivíduos com alguma disfunção no segmento cervical. Portanto, são necessários mais estudos sobre a confiabilidade do Flexímetro, uma vez que há pouca informação disponível na avaliação de populações sintomáticas.

## Conclusões ::::

Os resultados deste estudo demonstraram que os valores obtidos na avaliação da ADM cervical feita pelo Flexímetro concordam com os valores obtidos com o CROM. Além disso, ambas as ferramentas apresentaram confiabilidade intra e interexaminadores que variou entre moderada e excelente, o que comprova sua indicação para o uso na prática clínica.

## Referências bibliográficas ::::

- Agarwal S, Allison GT, Singer KP. Reliability of the spin-T cervical goniometer measuring cervical range of motion in asymptomatic Indian population. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005;28(7):487-92.
- Mannion AF, Klein GN, Dvorak J, Lanz C. Range of global motion of the cervical spine: intra-individual reliability and the influence of measurement device. *Eur Spine J*. 2000;9(5):379-85.
- Jordan K, Haywood KL, Dzeidzic K, Garratt AM, Jones PW, Ong PW, et al. Assessment of 3-dimensional fastrak measurement system in measuring range of motion in ankylosing spondylitis. *J Rheumatol*. 2004;31(11):2207-15.
- Malmström EM, Karlberg M, Melander A, Magnusson M. Zebris versus Myrin: a comparative study between a three-dimensional ultrasound

movement analysis and an inclinometer/compass method: intradevice reliability, concurrent validity, intertester comparison, intratester reliability, and intraindividual variability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(21):433-40.

5. Assink N, Bergman GJ, Knoester B, Winters JC, Dijkstra PU, Postema K. Interobserver reliability of neck-mobility measurement by means of the flock-of-birds electromagnetic tracking system. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005;28(6):408-13.
6. Morphett AL, Crawford CM, Lee D. The use of electromagnetic tracking technology for measurement of passive cervical range of motion: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2003;26(3):152-9.
7. Tousignant M, Duclos E, Laflèche S, Mayer A, Tousignant-Laflamme Y, Brosseau L, et al. Validity study for the cervical range of motion device used for lateral flexion in patients with neck pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(8):812-7.
8. Strimpakos N, Sakellari V, Gioftsos G, Papathanasiou M, Brountzos E, Kelekis D, et al. Cervical spine ROM measurements: optimizing the testing protocol by using a 3D ultrasound-based motion analysis system. *Cephalalgia*. 2005;25(12):1133-45.
9. Jasiewicz JM, Treleaven J, Condie P, Jull G. Wireless orientation sensors: their suitability to measure head movement for neck pain assessment. *Man Ther*. 2007;12(4):380-5.
10. Beviláqua-Grossi D, Pegoretti KS, Gonçalves MC, Speciali JG, Bordini CA, Bigal ME. Cervical mobility in women with migraine. *Headache*. 2009;49(5):726-31.
11. Solinger AB, Chen J, Lantz CA. Standardized initial head position in cervical range-of-motion assessment: reliability and error analysis. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23(1):20-6.
12. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Grassi GP, Mossi E. Active range of motion of the head and cervical spine: a three-dimensional investigation in healthy young adults. *J Orthop Res*. 2002;20(1):122-9.
13. Sforza C, Grassi GP, Fragnito N, Turci M, Ferrario VF. Three-dimensional analysis of active head and cervical spine range of motion: effect of age in healthy male subjects. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17(8):611-4.
14. Armijo Olivo S, Magee DJ, Parfitt M, Major P, Tie NM. The association between the cervical spine, the stomatognathic system, and craniofacial pain: a critical review. *J Orofac Pain*. 2006;20(4):271-87.
15. Lind B, Shilbom H, Nordwall A, Malchau H. Normal range of motion of the cervical spine. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70(9):692-5.
16. Kuhlman KA. Cervical range of motion in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74(10):1071-9.
17. Alaranta H, Hurri H, Heliovaara M, Soukka A, Harju R. Flexibility of the spine: normative values of goniometric and tape measurements. *Scand J Rehab Med*. 1994;26(3):147-54.
18. Tousignant M, de Bellefeuille L, O'Donoughue S, Grahovac S. Criterion validity of the cervical range of motion (CROM) goniometer for cervical flexion and extension. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(3):324-30.
19. Wolfenberger VA, Bui Q, Batenchuk GB. A comparison of methods of evaluating cervical range of motion. *J Manipulative Physiol Ther*. 2002;25(3):154-60.
20. Hole DE, Cook JM, Bolton JE. Reliability and concurrent validity of two instruments for measuring cervical range of motion: effects of age and gender. *Man Ther*. 2000;1(1):36-42.
21. Buckwalter JA. Decreased mobility in the elderly: the exercise antidote. *Phys Sportsmed*. 1997;25(9):127-33.
22. Simpson AK, Biswas D, Emerson JW, Lawrence BD, Grauer JN. Quantifying the effects of age, gender, degeneration, and adjacent level degeneration on cervical spine range of motion using multivariate analyses. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(2):183-6.
23. Chiu TTW, Lo SK. Evaluation of cervical range of motion and isometric neck muscle strength: reliability and validity. *Clin Rehabil*. 2002;16(8):851-8.
24. Pool JJ, Hoving JL, de Vet HC, van Mameren H, Bouter LM. The interexaminer reproducibility of physical examination of the cervical spine. *J Manipulative Physiol Ther*. 2004;27(2):84-90.
25. Gelalis ID, De Frate LE, Stafilis KS, Pakos EE, Kang JD, Gilbertson LG. Three-dimensional analysis of cervical spine motion: reliability of a computer assisted magnetic tracking device compared to inclinometer. *Eur Spine J*. 2009;18(2):276-81.
26. Assink N, Bergman GJ, Knoester B, Winters JC, Dijkstra PU. Assessment of the cervical range of motion over time, differences between results of the Flock of Birds and EDI-320: a comparison between electromagnetic tracking system and an electronic inclinometer. *Man Ther*. 2008;13(5):450-5.
27. Lantz CA, Chen J, Buch D. Clinical validity and stability of active and passive cervical range of motion with regard to total and unilateral uniplanar motion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(11):1082-9.
28. Hoving JL, Pool JJ, van Mameren H, Devillé WJ, Assendelft WJ, de Vet HC, et al. Reproducibility of cervical range of motion in patients with neck pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2005;6:59.
29. Youdas JW, Garret TR, Suman VJ, Borgard CL, Hallman HO, Carey JR. Normal range of motion of the cervical spine: an initial goniometric study. *Phys Ther*. 1992;72(11):770-80.
30. Ordway NR, Seynfour R, Donelson RG, Hojnowski L, Lee E, Edwards WT. Cervical sagittal range-of-motion analysis using three methods: Cervical range-of-motion device, 3space, and radiography. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(5):501-8.
31. Tousignant M, Smeesters C, Breton AM, Breton E, Corriveau H. Criterion validity study of the cervical range of motion (CROM) device for rotational range of motion on healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(4):242-8.
32. Youdas JW, Carey JR, Garret TR. Reliability of measurements of cervical spine range of motion: comparison of three methods. *Phys Ther*. 1991;71(2):98-104.
33. Capuano-Pucci D, Rheault W, Aukai J, Bracke M, Day R, Pastrick M. Intratester and intertester reliability of the cervical range of motion device. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(5):338-40.

34. Lima LAO, Gomes S, Goulart F, Dias RC. Estudo da confiabilidade de um instrumento de medida de flexibilidade em adultos e idosos. *Rev Fisioter Univ São Paulo*. 2004;11(2):83-9.
35. Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical Methods*. 6<sup>a</sup> ed. Iowa: The Iowa State University Press; 1972.
36. Fleiss JL, Levin B, Paik M. *Statistical methods for rates and proportions*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2003.
37. Jordan K. Assessment of published reliability studies for cervical spine range-of-motion measurement tools. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23(3):180-95.